

**CONTRIBUCION AL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO
DE LAS PINTURAS ANTIINCRUSTANTES ***

**V) ACCION DE LOS TOXICOS SOBRE ALGAS A NIVEL
DE LINEA DE FLOTACION**

Dr. Vicente J. D. Rascio **

Lic. Ricardo O. Bastida

- * Trabajo realizado con subsidio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
- ** LEMIT; miembro de la Carrera de Investigador del CONICET y del Comité International Permanent pour la Recherche sur la Préservation des Matériaux en Milieu Marin.

INTRODUCCION

Uno de los métodos corrientemente utilizados para la evaluación de las pinturas antiincrustantes es la exposición de estos materiales en balsas experimentales, en las condiciones naturales del medio marino elegido (Rascio, 1968). Las pinturas son aplicadas sobre paneles metálicos, con conveniente protección anticorrosiva, y luego sumergidas a profundidades variables. Durante esta inmersión tiene lugar el proceso de disolución del tóxico destinado a impedir la fijación del fouling.

Paneles testigo no tóxicos, colocados simultáneamente en la balsa, permiten determinar cuáles son las especies animales y vegetales que se fijan durante la realización del ensayo. Las larvas de los organismos animales o los estados equivalentes en los vegetales colonizan estas superficies, desarrollándose rápidamente hasta constituir masas de volumen muy considerable.

La información bibliográfica mundial sobre fouling abunda en referencias sobre las especies animales. Se observa en cambio que las algas han sido secundariamente consideradas en relación con el resto de los integrantes de estas comunidades.

Varias son las causas que han motivado esta situación que indudablemente va en detrimento del conocimiento integral de la dinámica de las comunidades incrustantes y de sus posibles sistemas de control.

Por una parte, la mayoría de las especies más perjudiciales y resistentes a la acción de los tóxicos son invertebrados, motivo por el cuál los investigadores han orientado sus estudios preferentemente hacia esos grupos. Las algas, en cambio, no producen aparentemente daños tan serios. Además merece destacarse que la mayor parte de las especies de algas presentan una estratificación vertical muy marcada, lo que restringe en el fouling su distribución a los niveles superiores, más intensamente iluminados,

coincidentes aproximadamente con la línea de flotación de los barcos. Dado que a este nivel no suelen emplearse pinturas antiincrustantes, se desconoce consecuentemente el comportamiento de las distintas especies ante la presencia de los tóxicos utilizados, y en definitiva la mayor parte de los aspectos biológicos fundamentales (épocas de reproducción, ritmo de crecimiento, relaciones interespecíficas, etc.).

Sin embargo las algas encierran gran importancia dentro del fouling por participar activamente en las primeras etapas sucesionales de las comunidades incrustantes, formar densos cinturones que sirven de refugio y alimento de muchos invertebrados, y pueden llegar en ciertos casos a ejercer una acción protectora debido a que su densa agrupación evita la colonización de otras especies más agresivas.

En cuanto al aspecto directamente aplicado, la fijación de las algas el desplazamiento normal de las embarcaciones, bloquea el funcionamiento de los equipos acústicos y, secundariamente, altera el aspecto de la línea de flotación.

Nuestros estudios previos relativos a las propiedades físico-químicas de las pinturas antiincrustantes (Rascio y Caprari, 1967, 1970 y 1971; Rascio, Caprari y Bastida, 1970) han permitido establecer la influencia de las diferentes variables de composición (tipo de tóxico, relación tóxico/inerte, tipo de inerte, tipo de vehículo, solubilidad del vehículo, etc.) sobre el "leaching rate", y en consecuencia sobre la toxicidad de la película. Dichas experiencias fueron efectuadas sobre paneles totalmente sumergidos, por ser esa la condición de exposición en el casco de una embarcación.

En la presente investigación, las pinturas son examinadas en inmersión parcial, a nivel de línea de flotación, lo que reproduciría las condiciones de la franja variable, en la cual parte de la pintura está sumergida (en contacto continuo con el agua de mar) y parte emergida (en contacto con la atmósfera y sometida periódicamente a la acción del agua, según la agitación del medio). La balsa no reproduce en cambio las condiciones de inmersión y exposición al aire

alternadas, de acuerdo con las condiciones de carga del buque, que se observan en la práctica.

La diferencia fundamental entre un panel de línea y otro sumergido a cierta profundidad (esto se aprecia claramente al examinar los testigos no tóxicos) radica, como ya se indicó, en la mayor fijación de Algas en aquel nivel. El examen de los ciclos y frecuencias de fijación de organismos en el puerto de Mar del Plata en el período 1966/69 (Bastida, 1971) así lo demuestra. En consecuencia, la exposición de pinturas antiincrustantes en el nivel próximo a la superficie del agua constituye una condición de alta rigurosidad, pues además de la posibilidad de fijación de la mayor parte de las especies que se encuentran en los paneles sumergidos, hay una mayor adherencia de algas, incluyendo diatomeas.

El problema se hace más complejo por el hecho de que la película de pintura antincrustante no es resistente a la interperie. La misma está formulada de tal manera que, al ser sumergida en agua de mar, sufra una lenta destrucción, por acción físico-química y biológica, con puesta en libertad del tóxico. En consecuencia, cabe esperar poca resistencia a la acción de la luz ultravioleta (modificaciones de color y de brillo), que podrían llegar, eventualmente, a alterar la continuidad de la película (cuarteado), y en consecuencia, su poder protector. Además una prolongada exposición al aire puede incidir en la polimerización y endurecimiento de la película, lo que reduce su solubilidad y en consecuencia la posibilidad de puesta en libertad del tóxico.

Teniendo en cuenta las limitaciones expuestas precedentemente, estimamos que los ensayos preliminares realizados han dado resultados bastante satisfactorios, y que estamos frente a un campo de grandes posibilidades para investigaciones futuras. Para ello será necesario no solo perfeccionar la composición de las pinturas a fin de lograr un mínimo deterioro de la zona expuesta al aire, sino también contar con una mayor información taxonómica y ecológica sobre las algas, en virtud de la importancia que las mismas tienen a este nivel.

ALGAS PRESENTES EN EL AREA EXPERIMENTAL

No existe actualmente ningún inventario general sobre las algas del área marplatense, si bien han sido consideradas parcialmente en catálogos de algunos grupos y en estudios de ecología costera. Este hecho sin duda alguna limita en gran medida la profundidad de las investigaciones que se deseen encarar, referidas a la ficoflora del fouling.

Pese a esta falta de inventarios completos, es evidente que existen claras diferencias cuali y cuantitativas entre el área portuaria y las zonas externas aledañas. Por ejemplo, en el área externa existen muchos géneros de algas que nunca han sido registrados en nuestros paneles experimentales de la balsa, a saber: Corallina, Chondria, Dasyopsis, Dictyota, Herposiphonia, Hildenbrandtia, Jania, Nemalion, Pterosiphonia, Rhodomenia, Scytosiphon, etc.

Estas diferencias se deben principalmente a los fenómenos de contaminación que en grado diverso presentan las aguas del puerto, y que son acusados automáticamente por las algas, las que desaparecen del área en cuestión. Sin embargo, algunas especies, si bien presentes en áreas naturales no contaminadas, encuentran en las zonas portuarias condiciones más favorables para desarrollarse en mayor número y crecer en forma rápida, como en el caso bien conocido de Enteromorpha.

Los estudios realizados en el puerto de Mar del Plata han puesto en evidencia una gran riqueza de Diatomeas bentónicas, que normalmente no se registra en las zonas externas aledañas. Motivan este fenómeno dos factores principales: el alto contenido de nutrientes y la poca calma. Consecuentemente el área portuaria constituye una zona de alta productividad y la baja turbulencia permite la acumulación sobre el sustrato de espesas capas de Diatomeas. Esto último hace que las muestras de plancton del puerto presenten bajos porcentajes de Diatomeas bentónicas, caso opuesto a las muestras de las áreas externas que debido a

su moda agitada, presentan una gran cantidad de Diatomeas bentónicas que constantemente son removidas del fondo.

Las Diatomeas son abundantes a lo largo de todo el año en nuestra balsa de ensayos, sin que se destaquen a nivel de grupo ciclos estacionales marcados como suele ser frecuente en ciertos invertebrados. Sin embargo es probable que varias de las especies presentes muestren individualmente ciclos periódicos de colonización, pero hasta la fecha no han sido estudiadas en detalle. A su vez corresponde destacar que el número de especies presentes en el área portuaria debe ser mucho más elevado a lo citado en trabajos previos, ya que en los mismos han sido consideradas exclusivamente aquellas especies numéricamente importantes.

En cuanto a las algas macroscópicas el número de géneros registrados en el puerto es mucho menor al de las zonas externas y a su vez las algas registradas sobre paneles experimentales de la balsa está menos diversificadas que aquellas del medio litoral portuario.

En nuestros estudios previos sobre fijación mensual a lo largo de uno y más años se han considerado exclusivamente cuatro especies de algas macroscópicas (Enteromorpha intestinalis, Ulva lactuca, Bryopsis plumosa y Polysiphonia sp.) por ser las más abundantes, si bien a lo largo del año y en paneles acumulativos suelen registrarse varias más (Cladophora sp., Ceramium sp., Porphyra umbilicalis, Bangia sp., Petalonia fascia, Ectocarpus confervoides).

Esto último indica que existen variaciones en los períodos e intensidad de fijación entre las diversas especies, además de variaciones en la distribución vertical. De cualquier forma, como se indicó oportunamente, todas las especies portuarias presentan su mejor desarrollo a nivel de línea de flotación, aunque en las primeras etapas de colonización estén capacitadas para vivir a niveles más profundos.

De todas las especies consideradas Enteromorpha intestinalis es sin duda alguna la más importante, especialmente durante los primeros meses de inmersión de los sustratos

artificiales. Luego de un cierto tiempo se hace posible la formación de cinturones importantes de Polysiphonia sp., especie que presenta un ritmo de crecimiento más lento que el de Enteromorpha intestinalis pero una mayor estabilidad en el tiempo.

METODOLOGIA

La performance de pinturas antifouling formuladas para prevenir la fijación de organismos incrustantes ha sido es tudiada por comparación entre el grado de fijación observa do sobre superficies pintadas y sobre superficies no tóxicas.

Los paneles utilizados comprenden los niveles que hemos denominado A y B en anteriores trabajos (Bastida 1967,1971) de 30 cm por 1 m de longitud; 40 cm quedan expuestos al aire y 60 cm sumergidos en el agua de mar. Las pinturas se apli can sobre chapas de acero arenadas, con tratamiento anticorrosivo adecuado (wash-primer vinílico y tres manos de pintura); el espesor del film antifouling es de 80-100 micrones. Los paneles testigo son de acrílico arenado.

Las pinturas antiincrustantes fueron seleccionadas entre formulaciones cuyo comportamiento satisfactorio en anteriores ensayos en balsa había sido comprobado.

En total se experimentaron 14 pinturas de tipo oleoresinoso (colofonia plastificada con barniz fenólico, con standoil de lino de 60 Poise o con ácido oleico) y 6 pinturas vinílicas.

Como tóxicos de las pinturas oleoresinosas se emplearon los siguientes:

Oxido cuproso-óxido de cinc
Oxido cuproso-óxido de cinc-óxido férrico
Oxido cuproso-óxido de cinc-arseniato mercurioso
Oxido cuproso-óxido de cinc-arseniato mercurioso-óxido
férrico

TABLA I
COMPOSICION DE LAS PINTURAS ANTIFOULING OLEORESINOSAS Y VINILICAS
(Raccio y Caprari, 1971)

Pintura n°	Panel n°	Cu ₂ O	ZnO	AsO ₄ Hg ₃	Verde de Schweinfurt	AsO ₃ Cu ₃	As ₂ O ₃	HgO	Fe ₂ O ₃	Estereato aluminio	Vehículo oleores.	Vehículo vinílico	Tipo vehículo
402	48	46,9	4,6	--	--	--	--	--	--	2,5	46,0	--	I
405	49	47,0	4,5	--	--	--	--	--	--	2,5	46,0	--	II
408	50	35,0	3,6	--	--	--	--	--	12,9	2,5	46,0	--	I
411	51	35,0	3,6	--	--	--	--	--	12,9	2,5	46,0	--	II
426	52	39,8	3,9	--	--	--	--	2,2	--	2,3	51,8	--	III
429	53	29,3	2,9	--	--	--	--	2,2	11,5	2,3	51,8	--	III
438	54	41,2	4,1	6,2	--	--	--	--	--	2,5	46,0	--	I
441	55	41,2	4,1	6,2	--	--	--	--	--	2,5	46,0	--	II
444	56	30,8	3,1	4,6	--	--	--	--	13,0	2,5	46,0	--	I
447	57	30,8	3,1	4,6	--	--	--	--	13,0	2,5	46,0	--	II
462	58	41,2	4,1	--	6,2	--	--	--	--	2,5	46,0	--	I
465	59	41,2	4,1	--	6,2	--	--	--	--	2,5	46,0	--	II
486	60	41,2	4,1	--	--	6,2	--	--	--	2,5	46,0	--	I
489	67	41,2	4,1	--	--	6,2	--	--	--	2,5	46,0	--	II
V-1	64	60,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	40,0	IV
V-2	62	50,0	--	--	--	--	10,0	--	--	--	--	40,0	IV
V-3	63	50,0	--	10,0	--	--	--	--	--	--	--	40,0	IV
V-4	61	50,0	--	--	--	--	--	10,0	--	--	--	40,0	IV
V-5	65	50,0	--	--	--	10,0	--	--	--	--	--	40,0	IV
V-6	66	50,0	--	--	10,0	--	--	--	--	--	--	40,0	IV

I, vehículo colofonia/standoil 60 P; II, colofonia/barniz fenólico; III, colofonia/ácido oleico; IV, vinílico

Oxido cuproso-óxido de cinc-verde de Schweinfurt
Oxido cuproso-óxido de cinc-arsenito cuproso
Oxido cuproso-óxido de cinc-oleato de mercurio.

En las pinturas vinílicas se utilizaron mezclas de: Cu_2O , $\text{Cu}_2\text{O}-\text{As}_2\text{O}_3$, $\text{Cu}_2\text{O}-\text{AsO}_4\text{Hg}_3$, $\text{Cu}_2\text{O}-\text{HgO}$, $\text{Cu}_2\text{O}-\text{AsO}_3\text{Cu}_3$ y Cu_2O -verde de Schweinfurt, no se agregó óxido de cinc ni pigmentos inertes.

La composición de las pinturas utilizadas se indica en la tabla I. Una mayor información sobre la composición de los vehículos, disolventes empleados y método de preparación puede consultarse en una publicación anterior (Rascio y Caprari, 1971).

El aspecto que presenta un panel testigo con uno y tres meses de inmersión puede observarse en las fig. 1 y 2.

El análisis de paneles testigo indicó que las especies más importantes presentaban ciclos de fijación semejantes a los observados en años previos (Bastida 1971) y un desarrollo y crecimiento normal.

En cambio, los paneles de pinturas antiincrustantes de las diversas formulaciones presentaron desde casos sin ninguna fijación de algas macroscópicas hasta otros con un grado importante de colonización. Dicha colonización era notablemente inferior a la de los paneles testigo.

Además se analizaron los zoocomponentes de los paneles testigo, a fin de comparar el grado de desarrollo de toda la comunidad, con el objeto de precisar la acción de los tóxicos sobre la misma.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los paneles pintados fueron controlados periódicamente a lo largo de toda la experiencia, y al cabo de 12 meses de inmersión se fotografiaron, se obtuvieron muestras de fouling y, finalmente, se retiraron de la balsa para un examen

TABLA II

GRADO DE FIJACION DE ALGAS SOBRE PANELES PINTADOS (LINEA DE FLOTACION)
Y RELACION CON LOS TOXICOS UTILIZADOS EN LAS FORMULACIONES

1. Pinturas oleoresinosas (tóxicos exclusivamente)

Pintura nº	Panel nº	Tóxico	Fijación
402	48	Cu ₂ O - ZnO	2 - 3
405	49	Cu ₂ O - ZnO	2 - 3
426	52	Cu ₂ O - ZnO - RHg	1 - 2
438	54	Cu ₂ O - ZnO - AsO ₄ Hg ₃	3 - 4
441	55	Cu ₂ O - ZnO - AsO ₄ Hg ₃	3 - 4
462	58	Cu ₂ O - ZnO - V. Schweinfurt	3 - 4
465	59	Cu ₂ O - ZnO - V. Schweinfurt	3
486	60	Cu ₂ O - ZnO - AsO ₃ Cu ₃	1
489	67	Cu ₂ O - ZnO - AsO ₃ Cu ₃	2 - 3

2. Pinturas oleoresinosas (tóxicos e inertes)

408	50	Cu ₂ O - ZnO - Fe ₂ O ₃	4
411	51	Cu ₂ O - ZnO - Fe ₂ O ₃	3
429	53	Cu ₂ O - ZnO - RHg - Fe ₂ O ₃	1 - 2
444	56	Cu ₂ O - ZnO - AsO ₄ Hg ₃ - Fe ₂ O ₃	3
447	57	Cu ₂ O - ZnO - AsO ₄ Hg ₃ - Fe ₂ O ₃	3

3. Pinturas vinílicas

V-1	64	Cu ₂ O	1 - 2
V-2	62	Cu ₂ O - As ₂ O ₃	0 - 1
V-3	63	Cu ₂ O - AsO ₄ Hg ₃	2
V-4	61	Cu ₂ O - HgO	2
V-5	65	Cu ₂ O - AsO ₃ Cu ₃	0 - 1
V-6	66	Cu ₂ O - V. Schweinfurt	1 - 2

Clave de la tabla: 0 Sin fijación
 1 Rara (R)
 2 Escasa (E)
 3 Frecuente (F)
 4 Abundante (A)
 5 Totalmente incrustado (I)

más minucioso en laboratorio.

El grado de fijación de algas, utilizando la escala que se ha empleado en anteriores trabajos, se presenta en la tabla II.

Desde el punto de vista particular de las especies identificadas en todos los paneles analizados se registró la presencia de Enteromorpha intestinalis y de Polysiphonia sp., desde casos con un único ejemplar de escaso desarrollo, hasta otros con fijaciones conspicuas, pero siempre muy inferiores a las registradas en los paneles testigo.

En todos los casos se encontró un tapiz importante de Diatomeas que permanece sin alteraciones ulteriores seguramente debido a la mínima competencia con los escasos organismos que subsisten a la acción del tóxico. En algunos de los paneles este tapiz llega a tener un espesor de cerca de 4 milímetros, estando constituido en su mitad basal por detritos perfectamente aglomerados y sobre él la capa de Diatomeas. En el medio del tapiz existen acumulaciones de frústulos de Diatomeas muertas y muchas veces se agregan tubos del poliqueto Polydora que en su conjunto, ayudan a compactar este tapiz y permiten que el mismo sirva de sustrato para la colonización de otros organismos.

A su vez las Diatomeas actúan en elevado número como epífitas de las algas macroscópicas, siempre en mayor medida a lo registrado en los paneles testigo.

Pese haber estado los paneles sumergidos durante un año, el resto del fouling presenta características de una comunidad joven en sus primeras etapas sucesionales. Esto evidentemente pone de manifiesto que la selección que realiza el tóxico previniendo la fijación de algunas especies y alterando el normal desarrollo de otras impide que se concreten algunas etapas sucesionales, motivo por el cual las comunidades no pueden afincarse normalmente, en forma semejante a lo que ocurre sobre los paneles inertes.

Los zoocomponentes registrados sobre sustrato tóxico (tabla III) presentan escaso desarrollo, estando vinculados ge-

neralmente con el tapiz de Diatomeas y de detrito, es decir a cierta distancia de la película de pintura, donde la acción del tóxico se ve disminuida. Casos semejantes fueron registrados también en las algas. Todo esto hace que la comunidad tenga un grado de adhesión relativo, pudiendo probablemente verse alterada esta situación en casos de turbulencia o de fuertes corrientes de agua como las que afectan el casco de las embarcaciones en servicio.

Pudo comprobarse también que la acción del tóxico modifica los patrones naturales de distribución de las algas; se observa que en aquellas formulaciones que permitieron una fijación considerable de ejemplares, la misma estaría aparentemente restringida a zonas de película de menor espesor, ya sea por defectuosa aplicación (efecto de pinceladas) o por mayor agotamiento.

Las diferencias de fijación sobre los paneles pintados, corresponden en general a las diferencias de toxicidad de los pigmentos utilizados, lo que está corroborado por los resultados obtenidos en estas experiencias y en las anteriormente realizadas con paneles en inmersión total.

En todos los casos, para un mismo tóxico (tabla IV) se observa, además, que la fijación es apreciablemente menor sobre las pinturas vínflicas, consideradas en conjunto, que sobre las formulaciones oleoresinosas. Recordemos que la formulación de estas pinturas vínflicas ha sido cuidadosamente ajustada y su comportamiento controlado en experiencias de hasta tres años de duración (Rascio y Caprari, 1972). Además, el contenido de tóxico de estas pinturas es alrededor de un 20 por ciento mayor que el de las oleoresinosas formuladas exclusivamente con tóxico, y entre 50 y 70 por ciento más en relación a las que contienen inertes; esta mayor concentración de veneno es de mucha significación en cuanto a su eficacia.

De la misma manera que ocurre sobre paneles completamente sumergidos, las pinturas vínflicas V-2 ($\text{Cu}_2\text{O}-\text{As}_2\text{O}_3$, fig. 3) y V-5 ($\text{Cu}_2\text{O}-\text{AsO}_3\text{Cu}_3$, fig. 4) se muestran también como las más eficaces frente a algas; los valores de fijación (0-1) son los más bajos observados dentro del conjunto de muestras estudiadas, y sólo puede compararse a ellos el de la pintura

TABLA III.- GRADO DE FIJACION DE ORGANISMOS VEGETALES Y
A NIVEL DE LINEA DE FLOTACION,

Pintura nº Panel nº	402 48	405 49	408 50	411 51	426 52	429 53	438 54
ALGAS							
Diatomeas.....	4	4	4	4	4	4	4
Clorofitas							
Enteromorpha intestinalis.	2	3	4	3	2	2	3
Enteromorpha cf. prolifera.	-	-	-	-	-	-	-
Bryopsis plumosa.....	-	-	1	-	-	-	-
Rodofitas							
Polysiphonia sp.....	1	1	3	3	2	2	2
PROTOZOOS							
Zoothamnium sp.....	-	-	-	-	-	-	-
CELEENTERADOS							
Campanularidae.....	2	1	1	1	1	-	2
NEMATODES.....	4	3	3	3	3	4	3
BRIOZOOS							
Bugula sp.....	1	-	1	-	1	1	2
Bowerbankia gracilis.....	4	1	4	1	1	1	3
MOLUSCOS							
Mytilus platensis.....	1	-	1	-	-	-	-
Eubranhus sp.....	-	-	-	-	-	-	-
ANELIDOS							
Syllidae.....	1	1	1	1	-	1	-
Polydora cf. ciliata.....	3	3	3	2	1	1	3
Mercierella enigmatica.....	1	-	1	-	-	-	-
PIGNOGONIDA							
Anoplodactylus sp.....	-	-	1	-	-	-	-
CRUSTACEOS							
Copépodos Harpacticoides...	3	3	3	3	2	3	3
ANFIPODOS							
Corophium sp.....	2	-	1	-	-	-	1
CIRRIPEDIOS							
Balanus amphitrite.....	3	2	2	3	2	1	3
TUNICADOS							
Ciona intestinalis.....	1	1	2	-	-	-	1

Clave de la tabla: 0, Sin fijación; 1, Rara (R); 2, Escasa (E);

ANIMALES SOBRE PANELES PINTADOS CON PINTURAS ANTIINCRUSTANTES
AL CABO DE 12 MESES DE INMERSION

441 55	444 56	447 57	462 58	465 59	486 60	489 67	V-1 64	V-2 62	V-3 63	V-4 61	V-5 65	V-6 66
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
3	3	3	3	3	1	3	2	1	2	1	1	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	3	2	2	1	1	2	1	1	2	3	2	1
-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
-	1	2	1	1	2	1	1	1	-	1	1	1
4	3	3	3	3	3	3	4	3	2	4	3	4
1	1	1	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-
2	1	3	2	-	2	2	2	2	2	2	1	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
2	3	3	3	3	2	2	2	2	1	3	3	3
-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	3	4	3	2	2	3	2	2	3	4	3	3
-	-	1	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-
3	2	3	3	3	2	3	2	3	1	1	1	2
-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-

3, Frecuente (F); 4, Abundante (A); 5, Totalmente incrustado (I)

oleoresinosa 486, que también contiene arsenito cuproso como tóxico de refuerzo del óxido cuproso.

Puede estimarse que esas dos pinturas proporcionan protección antifouling prácticamente total, en línea de flotaación durante 1 año. Las cuatro pinturas vinílicas restantes también tienen buenas características tóxicas, con fijación entre 1-2 y 2. El crecimiento de algas sobre su superficie no es significativo (fig. 5 y 6).

En las pinturas a base de colofonia con diferentes plastificantes oleoresinosos, el grado de fijación, exceptuada la citada muestra 486 (fig.7) es sensiblemente mayor que el de las vinílicas, alcanzando valores 3-4 y 4 en varias de las muestras.

El poder tóxico más elevado corresponde a la mencionada muestra 486 (fig. 7) formulada con $\text{Cu}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{AsO}_3\text{Cu}_3$. Esta mezcla es también la que manifiesta mayor eficiencia frente a organismos animales en ensayos en inmersión total, habiéndose logrado paneles de este tipo con fijación 0-1 y 1 al cabo de 600 días de inmersión en el puerto de Mar del Plata.

Los resultados de las mencionadas experiencias quedan corroborados además por el hecho de que siguen en orden de comportamiento, las pinturas oleoresinosas en las que se emplea oleato de mercurio como tóxico de refuerzo (426 y 429, fijación 1-2, fig. 8). En un nivel inferior se encuentran las demás pinturas a base de colofonia, pero corresponde aclarar que no han sido experimentadas en línea de flotación algunas de las formulaciones exitosas recientemente ensayadas en inmersión total.

Los diferentes plastificantes oleoresinosos utilizados no manifestaron diferencias significativas en las 14 muestras estudiadas, pero se considera que este número no es suficiente como para obtener conclusiones definitivas al respecto.

La importancia de un elevado contenido de tóxico queda corroborada por el hecho de que, de las 6 muestras con menor

fijación, 5 corresponden a formulaciones sin inertes.

No se ha podido comprobar la existencia de una particular sensibilidad de las algas a los compuestos de mercurio, citados como alguicidas en algunos trabajos (Barnes, 1948). Es posible que con un contenido de cobre elevado, como ocurre en el caso de las formulaciones experimentadas, sea suficiente este elemento para prevenir o reducir la fijación de especies vegetales.

Para terminar diremos que no tenemos referencias acerca de que en la actualidad se estén realizando experiencias con pinturas antifouling a nivel de línea de flotación, pero dado los problemas tan graves que han surgido en los buques petroleros con motivo del cierre del canal de Suez es probable que en otros países surja interés por investigar sobre este aspecto.

Sería recomendable pues que los métodos a aplicar fueran lo más uniformes posible, a los efectos de que los resultados obtenidos puedan ser comparables entre diversas áreas geográficas.

A título de sugerencia y de acuerdo a nuestros planes futuros consideramos que estos estudios de pinturas antifouling expuestas parcialmente al aire, deberían ser encarados paralelamente por dos vías un tanto diversas. Una de ellas sería a través de la balsa experimental de acuerdo a lo realizado en el presente trabajo y complementada con un nuevo sistema, fácilmente adaptable, que reproduzca los períodos normales en que las embarcaciones tienen su línea de flotación expuesta al aire y agua respectivamente. Para ello será necesario contar con paneles más largos y topes que permitan regular el nivel deseado. Esto permitirá analizar claramente los bloqueos que pudiera presentar la pintura por exposición prolongada al aire y además los efectos de la alternancia repetida entre aire y agua. Para este tipo de ensayo se deberá tratar de evitar que las aves con sus deyecciones alteren la película de pintura expuesta al aire, fenómeno muy frecuente en casi todas las balsas y que ingresa como una variable no prevista en los ensayos de línea de flotación.

La otra vía propuesta es ensayar pinturas antifouling bajo la influencia de las mareas. Para ello lo más aconsejable sería fijar sobre las construcciones portuarias paneles que se extiendan desde la línea de más alta marea hasta el infralitoral. El largo de los mismos dependerá indubablemente de la amplitud de marea del área en cuestión. Este tipo de ensayo está dirigido hacia su posible empleo en construcciones no flotantes que registran las diferencias de marea. A su vez estos estudios permitirán determinar posibles variaciones en la acción de la pintura de acuerdo al tiempo de exposición, que está directamente relacionado con la altura que consideremos del área medio-litoral experimental. El cálculo del tiempo que los distintos niveles del panel están expuestos al aire y al agua puede efectuarse fácilmente de acuerdo con el ritmo de mareas. Este método debe aplicarse preferentemente en áreas de moda calma, para que la turbulencia no afecte los niveles de marea normales. Para un mejor cálculo de los tiempos de exposición es aconsejable instalarlo en áreas donde exista un mareógrafo.

BIBLIOGRAFIA

1. Barnes, H. (1948).- Studies on antifouling compositions. IV. Journal British Iron & Steel Inst. London.
2. Bastida, R. (1967).- Condiciones ambientales del mar y su influencia sobre las incrustaciones biológicas. Navitecnia, 21, (3), 302.
3. Bastida, R. (1971).- Las incrustaciones biológicas en el puerto de Mar del Plata. Rev. Museo Arg. Cienc. Nat. B. Rivadavia, Hidrobiología, tomo III, nº 2, 203.
4. Bastida, R. (1971).- Las incrustaciones biológicas de las costas argentinas. La fijación mensual en el puerto de Mar del Plata durante tres años consecutivos. Corrosión y Protección (España), 2, (1), 21; LEMIT, 4-1970, 1 (Serie II, nº 168).
5. Rascio, V. (1968).- Pinturas antifouling. Navitecnia, 22, (4), 120, y (5), 145.

6. Rascio, V. y J. J. Caprari (1969).- Contribución al estudio del comportamiento de las pinturas antiincrustantes. I. Influencia del tipo de tóxico y de la solubilidad del vehículo. Peintures, Pigments, Vernis (Francia), 45, (2), 102; LEMIT, serie II, nº 128.
7. Rascio, V., R. O. Bastida y J. J. Caprari (1969).- Contribución al estudio del comportamiento de las pinturas antiincrustantes. II. Influencia del contenido de tóxico. Peintures, Pigments, Vernis (Francia), 45, (11), 724; LEMIT, serie II, nº 169.
8. Rascio, V. y J. J. Caprari (1970).- Contribución al estudio del comportamiento de las pinturas antiincrustantes. III. Nuevas experiencias realizadas en el puerto de Mar del Plata, período 1968/70. Corrosión y Protección (España), 1, (4), 19; LEMIT, 1-1970, 97 (Serie II, nº 158).
9. Rascio, V. y J. J. Caprari (1971).- Contribución al estudio de las pinturas antiincrustantes. IV. Influencia del tipo de inerte. LEMIT, 3-1971, 77 (Serie II, nº 189).
10. Rascio, V. y J. J. Caprari (1972).- Protección anticorrosiva y antiincrustante por medio de pinturas vinílicas para carena y línea de flotación. LEMIT, ANALES, 3-1972, 3; Serie II, nº 213.

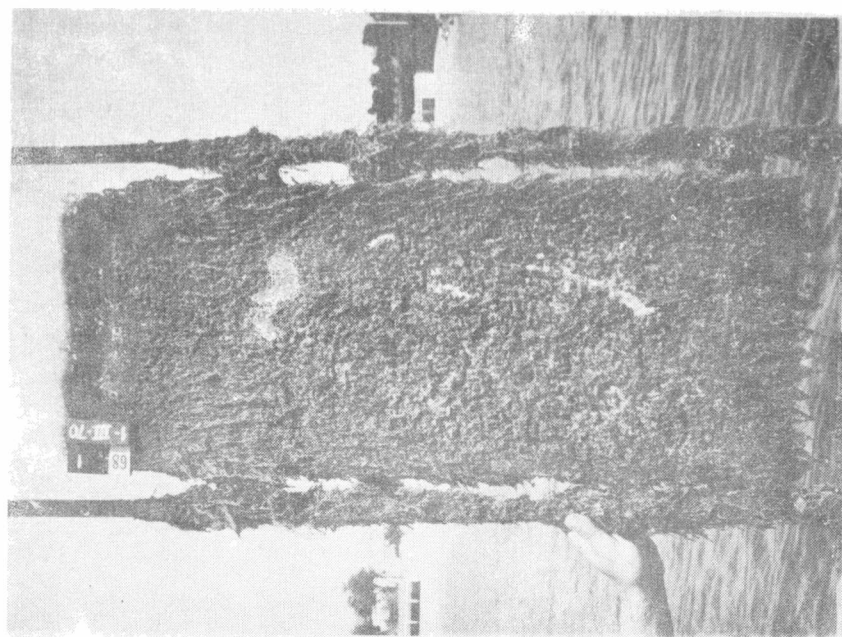


Fig. 1
Panel testigo mensual
(1-II-70/1-III-70)

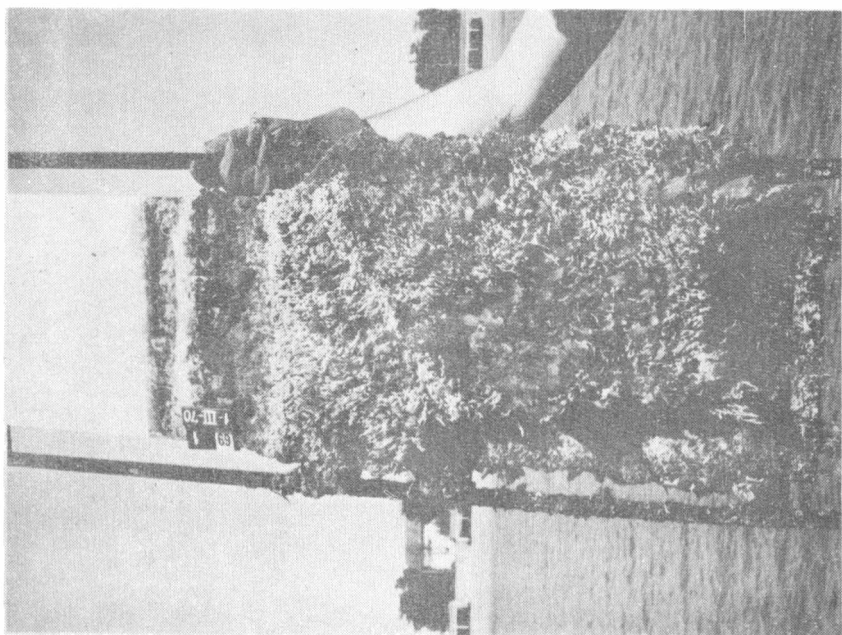


Fig. 2
Panel testigo mensual
(1-XII-69/1-III-70)



**Fig. 3.- Pintura vinílica V-2 ($\text{Cu}_2\text{O}-\text{As}_2\text{O}_3$):
fijación 0-1**



**Fig. 4.- Pintura vinílica V-5 ($\text{Cu}_2\text{O}-\text{AsO}_3\text{Cu}_3$):
fijación 0-1**



Fig. 5.- Pintura vinílica V-1 (Cu_2O):
fijación 1-2



Fig. 6.- Pintura vinílica V-3 ($\text{Cu}_2\text{O} - \text{AsO}_4\text{Hg}_3$):
fijación 2



Fig. 7.- Pintura oleoresinosa 486 ($\text{Cu}_2\text{O-ZnO-AsO}_3\text{Cu}_3$):
fijación 1



Fig. 8.- Pintura oleo-
resinosa 429 ($\text{Cu}_2\text{O-ZnO-R.Hg-Fe}_2\text{O}_3$): fijación
1-2

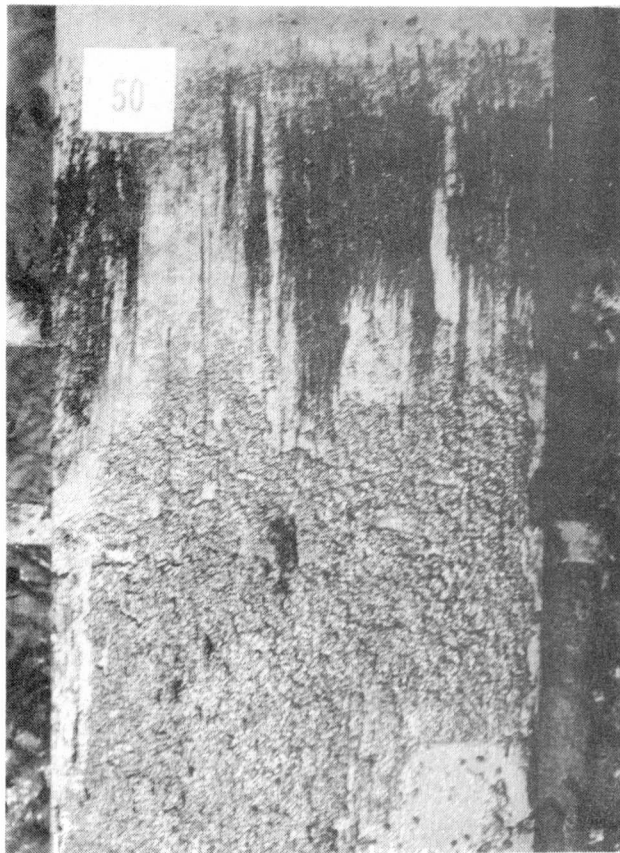


Fig. 9.- Pintura oleoresinosa 408
($\text{Cu}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$): fijación 4